

Ivan Kemppi

Palvelurobotiikan tulevaisuudennäkymä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

31.5.2017



Tekijä(t) Otsikko	Ivan Kemppi Palvelurobotiikan tulevaisuudennäkymä
Sivumäärä Aika	25 sivua + 0 liitettä 31.05.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Jari Savolainen Lehtori Raisa Vartia
<p>Työssä kerrotaan robotiikan kehityksestä, robottien käytöstä eri toimi-aloilla, sekä siitä kuinka robotit ovat kehittyneet vuosien varrella. Myös havainnollistetaan palvelurobottien käyttöä kodeissa, sekä kodin ulkopuolella erilaisilla toimi-aloilla, kuten sairaalaympäristössä. Työn edetessä selvitetään kuinka robotit auttavat ihmisille, sekä kuinka robottien ja ihmisten yhteistyö sujuu. Työssä on myös tutkittu eri robottijärjestelmiä, joita maailmalla on käytössä. Työ on ns. katsaus jo olemassa olevaan, julkaistuun materiaaliin eli metatutkimus.</p>	
Avainsanat	palvelurobotiikka, lääketieteen robotiikka, avustaminen

Author(s) Title	Ivan Kemppi Service Robotics Future Prospects
Number of Pages Date	25 pages + 0 appendix 31 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Jari Savolainen, Senior Lecturer Raisa Vartia, Senior Lecturer
<p>This work handles the development of robotics, the use of robots in different lines of work, and how robots have evolved over the years.</p> <p>The work illustrates the use of service robots in homes and outside the home at various offices, such as the hospital environment. As the work proceeds, it will be clear how robots help us, and how robots and people work together.</p> <p>This thesis is a review to already existing and published material. This kind of research is called meta analysis or meta study.</p> <p>The purpose of this study is to find out which service robots surround today, and in which areas they are useful, and also what awaits in 5 to 10 years.</p>	
Keywords	service robotics, medical robotics, assisting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Robotit	2
2.1	Historia	2
2.2	Kronologia	2
3	Palvelurobotiikka lääketieteellisellä alalla	4
3.1	Kirurgiset robotit	6
3.2	Robottisoidut proteesit ja tukiranka	6
3.3	Hoivarobotiikka sairaaloihin	7
3.4	Kuriiri-robotit	9
4	Robotit – konsultit ja avustajat	11
5	Kodin palvelurobotit	14
6	Rakentava robotti	16
7	Kymmenen ennustetta robotiikan kehityksessä vuoteen 2020	17
8	Tässä luvussa esitellään 10 humanoidirobottia	19
9	Palvelurobotiikka Suomessa	23
	Lähteet	26

Lyhenteet

ASIMO	Advanced Step in Innovative MObility. Hondan rakentama 1,3 metriä korkea robotti.
R.U.R.	Rossum Universal Robots. Karel Capekin näytelmä
HSR	Human Support Robot. Toyotan palvelurobotti
EKG	Elektrokardiogrammi. Sydänfilmin avulla selvitetään sydämen sinussolmukkeen ja johtoratajärjestelmän toimintaa.
BAML	Bank of America Merrill Lynch. Yksi maailman suurimmista rahoitusalan yrityksistä
CAD / CAM	computer-aided design and computer-aided manufacturing. Mastercamin ohjelmisto. Kolmiulotteisen tulostuksen apuohjelma.
IDC	International Data Corporation. Tutkimusyhtiö, joka käsittelee ja ennustaa teknologian menestys markkinassa.
LiDAR	Light Detection and Ranging on optinen kaukokartoituslaite, joka mittaa kohteen etäisyyden lähettämällä pulssin laservaloa ja rekisteröimällä ajan, joka kuluu heijastuneen pulssin palaamisen.

1 Johdanto

Koko elämänsä ihmeset ovat etsineet erilaisia keinoja parantaa omaa rinnakkaiseloaan koneiden kanssa, jotta elämä helpottuisi. Siksi ihmiset kehittyvät ja suunnittelevat uusia mahdollisuuksia helpotta elämään.

Robottiikka kehittyy tällä hetkellä muun muassa rakennusosalalla, teollisuuskoneissa, ilmailualalla ja äärimmäisissä tapauksissa sotilaallisessa toiminnassa sekä avaruuden toimialoilla.

Tässä tapauksessa monia työpaikkoja on jäänyt menneisyyteen, koska automatisointi on korvannut ihmisen työvoimaan, ja sen tilalle on tullut uudempia, entistä tuottavampia työntekotapoja.

Se mitä ennen kirjoitettiin fiktiokirjoissa, ”roboteista ja tekoälystä”, on pikkuhiljaa muuttumassa todellisuudeksi.

Myös eräs tieteiskirjailijoista, Isaac Asimov (2.1.1920 – 6.4.1992) omissa novelleissaan sekä romaaneissaan esitteli ”robotiikan kolme pääsääntöä”:

- 1. Robotti ei saa vahingoittaa ihmistä eikä laiminlyönnin johdosta saattaa tätä vahingoittumaan.*
- 2. Robotin on toteltava ihmisen sille antamia määräyksiä paitsi milloin ne ovat ristiriidassa ensimmäisen pääsäännön kanssa.*
- 3. Robotin on varjeltava omaa olemassaoloaan niin kauan kuin tällainen varjeleminen ei ole ristiriidassa ensimmäisen eikä toisen pääsäännön kanssa. [5]*

Tämän insinööritöiden tavoitteena on saada selville, millaiset palvelurobotit nykypäivänä ympäröivät ihmisiä ja missä toimi-aloilla ne ovat hyödyllisiä sekä mitä odottaa 5 – 10 vuoden päästä.

2 Robotit

2.1 Historia

Tässä luvussa kerrotaan tietoja ensimmäisten robottien käytöstä – mekaanisista ihmisistä jotka toimivat automaattisesti hellenistisen aikakauden aikana. Faroksen saarelle (300 eaa.) oli rakennettu majakka, jonka pihalle oli pystytetty neljä kullattua naispatsasta. Päivällä ne loistivat auringossa soittaen tasatunnein kelloja. Yöllä kuunvalo kajasti niitä kirkkaasti, ja patsaat olivat selvästi näkyvissä. Säännöllisin väliajoin patsaat kääntyivät yöaikaan, soittaen torvea, joka varoitti merimiehiä lähestyvistä rannikosta. [1.]

Ensimmäistä kertaa sanaa "*robotti*" käytettiin näytelmässä "R.U.R." ("Rossum Universal Robots", vuonna 1920). Näytelmän oli kirjoittanut tšekkiläinen kirjailija Karel Capek veljensä Josefin kanssa (1.1.1890-25.12.1938). He keksivät sanan "*robotti*", joka on säilynyt nykypäivään asti. Käsite "*robotti*" tulee tšekkiläisestä sanasta "*robota*", joka tarkoittaa "pakkotyötä" tai "raskasta työtä". Ennen nykyaikaa robottien oletettiin käyttäytyvän ihmisten tavoin. [1.]

2.2 Kronologia

Vuonna 1738 ranskalainen mekaanikko insinööri ja keksijä Jacques de Vaucanson loi ensimmäisen robotin (Androidin), joka pystyi soittamaan huilua. Hän loi myös mekaaniset ankat, jotka pystyivät nokkimaan jyviä ja "ulostamaan jyvät". [1.]

Vuonna 1898 serbialainen Nikola Tesla kehitti ja demonstroi miniatyyriradio-ohjattavan veneen. [1.]

Vuonna 1930 Esiteltiin muotoilu, jonka ulkonäkö muistutti ihmistä. Robotit suoriutuivat yksinkertaisista liikkeistä ja pystyivät toistamaan lauseita ihmisten kommentojen mukaan. Sellaisia robotteja oli rakennettu 38 kpl "Westinghouse" yrityksessä, (saksalaisten ja hollantilaisten insinöörien avustamana). Ensimmäisen mainoskäyttöön suunnitellun robotin "Televox" oli suunnitellut amerikkalainen insinööri James Wensley. Televox esiteltiin New Yorkin maailmannäyttelyssä vuonna 1927. [1.]

Vuonna 1950 radioaktiivisten aineiden kanssa työskentelyä varten, aloitettiin kehittämään mekaanisia manipulaattoreita, jotka kopioivat ihmisen käden liikkeitä. Näin laitteistoja voitiin ohjata mahdollisimman kaukaa turvallisesta paikasta. [1.]

Vuonna 1960 kehiteltiin kauko-ohjattava vaunu, johon oli asennettu manipulaattori, kamera sekä mikrofoni. Vaunua käytettiin radioaktiivisiin alueisiin tutustumisessa, sekä korkeasti radioaktiivisilla alueilla näytteenottotarkoituksiin. [1.]

Vuonna 1968 japanilainen yritys Kawasaki Heavy Industries, Ltd. sai lisenssin amerikkalaiselta Unimation Inc:lta. rakentaakseen ensimmäisen teollisuusrobottinsa. Teollisuusrobotin valmistumisen johdosta Japania alettiin kutsua ”maailman robottien maaksi” – maassa oli enemmän kuin 130 robotteja valmistavaa yritystä. Ensimmäisiä Japanin robotteja käytettiin hitsaukseen ja ruiskutustarkoituksiin. [1.]

Vuonna 1980 tapahtui kaupallinen alku roboteille, jotka valmistuivat korkealla teknologialla. Tästä alkaen kauppa aloitti omaa kasvuaan, huolimatta sitä, että Japanissa oli parhaillaan meneillään taloudellinen romahdus. Monet elektroniset yritykset siirtyivät ulkomaille, mikä vaikutti merkittävästi robotiikan kysynnän laskuun sisämaassa 90-luvulla. Vähitellen, Japanin talous on kuitenkin elpynyt, ja vuodesta 2003 taas noussut. [1.]

1986-luvulta 2000-luvulle asti Honda kehitteli omaa humanoidirobottien sarjaa, joka 2000-luvun jälkeen saa nimekseen ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility). ASIMO:ssa oli otettu käyttöön viisi funktiota, jotka antoivat robotille mahdollisuuden parempaan kommunikointiin ihmisten kanssa. Robotin funktiot olivat seuraavanlaiset. ASIMO kykeni liikkuvien esineiden, eleiden, äänten, ympäristön mallintamiseen, sekä kasvojentunnistukseen. [1.]

Teknologisella aikakaudella kehitty huomattava määrää robotteja. ASIMO:n lisäksi on myös olemassa AIKO robotti. AIKON on rakentanut kanadalainen keksijä ”Le Trung. Hän aloitti oman projektinsa kesällä 2007, ja projekti on jatkuvassa kehityksessä.” AIKO on ensimmäinen androidi, joka reagoi fyysisiin ärsykkeisiin, sekä osaa jäljitellä kipua. Tällaista teknologiaa voidaan soveltaa ihmisille, joilla ei ole muun muassa raajoja syntyessään tai heiltä puuttuu raajat amputaation takia. AIKO on ensimmäinen

askel tavoitteeseen kohti älykkäitä proteeseja. Mekaanisilla raajoilla ja proteeseilla pystytään samoihin tuntemuksiin kuin fyysisillä raajoilla, sanoo keksijä Le Trung. [1.]

3 Palvelurobotiikka lääketieteellisellä alalla

Nykyään robotit ovat ratkaisevassa roolissa modernin lääketieteen kehityksessä. Robotit edistävät huipputarkkaa työtä leikkauksien aikana. Robotit arvioivat oikean diagnoosin potilaille. Ne korvaavat puuttuvia raajoja ja elimiä, sekä palauttavat ja parantavat ihmisten fyysistä toimintakykyä eri tilanteissa. Robottien käyttäminen vähentää myös sairaalahoitoon tarvittavaa aikaa, sillä robotit tekevät arvioinnit suurista tietokannoista huippunopeasti, eivätkä pidä kahvitaukoja, myöskään mielialat eivät vaihteile tai vaikuta työhön laisinkaan. Robotit tarjoavat mahdollisesti parempaa palvelua asiakkaille. Säästöä tulee muun muassa henkilöstön palkkauksessa ja virhemarginaaleissa sekä rahoituskuluissa. Olemassa on useita erilaisia lääketieteellisiä robotteja, jotka eroavat toisistaan toimintojensa kautta sekä rakenteellisesti. [3.]

Robotti-kirurgi, robotisoidut kirurgiset järjestelmät

Robotti-kirurgeja käytetään suorittamaan monimutkaisia kirurgisia toimenpiteitä. Sellaiset robotit eivät ole automaattisia laitteita, vaan kauko-ohjattavia. Kirurgian robotit antavat lääkärille tarkkuutta, parantavat näppäryyttä sekä käsittelykykyä. Ne vähentävät väsymyksestä aiheutuvia virheitä, sekä vähentävät riskiä sairastua erilaisiin veren kautta leviäviin sairauksiin, kuten HIV. [3.]

Tukirankoja (Exoskeletons) ja robottiproteesit

Tukirangat lisäävät fyysistä voimaa ja auttavat tukiliikuntaelimistöä jaksamaan. Robotisoidut proteesit eli implantit korvaavat puuttuvia raajoja, koostuvat mekaanisista sekä sähköisistä komponenteista. Mikrokontrollerista proteesien ohjaaminen tapahtuu mikrokontrolleiden avulla. [3.]

Robotit sekä avustajat sairaaloihin

Avustajat ovat toinen vaihtoehto lääkäreille, sairaanhoitajalle sekä vanhuksille. Avustajat pystyvät tarjoamaan hoitoa ja huomiota potilaalle. Ne myös auttavat kunnon parantamisessa sekä varmistavat jatkuvan yhteyden lääkärin kanssa, sekä järjestävät sairaankuljetukset ja avunsoittamiset. [3.]

Nanorobotit

Nanobotit ovat mikrorobotteja, jotka toimivat ihmiskehossa molekyyalitasolla. Nanorobotteja käytetään diagnosointiin ja muun muassa syövänhoitoon, verisuonten tutkimuksessa, sekä vaurioituneiden solujen korjauksessa entiselleen. Nanorobotit voivat analysoida DNA:n rakenteen, suorittaa DNA-muutoksia sekä tuhota bakteereja ja viruksia. [3.]

Muut erikoissairaanhoidossa käytetyt robotit

On olemassa valtava määrä robotteja, jotka auttavat ihmisten hoidossa. Tämän lisäksi on olemassa laitteita, jotka voivat automaattisesti liikkua, desinfioida sairaalan tilaat, mitata pulssia, ottaa verinäytteitä, tuottaa ja jakaa lääkkeitä tilauksien ja tehtyjen laskelmien perusteella. [3.]

3.1 Kirurgiset robotit

Maailman tunnetuin robottikirurgi on laite nimeltään "Da Vinci" (ks. Kuva 1), jonka valmistaja on "Intuitive Surgical" painaa puoli tonnia, ja se koostuu kahdesta blokista. Ensimmäinen on ohjausyksikköblokki, joka on tarkoitettu operaattorille, ja toinen blokki on neljäkätinen kone, joka suorittaa kirurgin toimintaa. Manipulaattori, jolla keinoitekoinen ranne on seitsemän vapausastetta. Lisäksi kone on varustettu 3D-visualisointi järjestelmällä, joka näyttää kolmiulotteisen kuvan näytöllä. Sellainen rakenne parantaa liikkeiden tarkkuutta, poistaa käden vapinan. Kömpelöt liikkeet vähentävät leikkauksen aikana muodostuvaa leikkaushaavaa [3.]



Kuva 1. "Da Vincin" avulla voidaan suorittaa sydän-, selkäranka- ja muita vaikeita leikkauksia. [3]

3.2 Robottisoidut proteesit ja tukiranka

Yksi tunnetuista lääketieteellisistä laitteista on robotisoitu puku – tukiranka (exoskeleton). Tukiranka auttaa vanhuksia ja vammaisia liikuttamaan omaa kehoaan. Henkilön yrittäessä liikuttaa kättä tai jalkaa, ottavat iholla olevat aivoaistinanturit signaalin hermosoluista. Tämän jälkeen liikkuvat puvun mekaaniset osat aivoista saapuneiden signaalien perusteella. Yksi suosituimmista exopuvuista on japanilaisen Honda-yrityksen laite ("Walking Assist" -apulaite kävelyyn). "HAL"-tukirankaa (ks. Kuva 2) yhtiöltä Cyberdyne, käytetään laajasti japanilaisissa sairaaloissa. "Parker Hannifin" kone (korkeakoulusta Vanderbilt) antaa mahdollisuuden liikuttaa lantio- ja polvinivelta. Voimakas tukiranka "NASA X1" on suunniteltu astronauteille ja halvaantuneille ihmisille. "Kickstart"-tukiranka käyttää ihmisen kävelyssä syntyvää kineettistä energiaa

akkujen sijaan. Jotkut olemassa olevat tukirangat käyttävät aivoaaltoja parantamaan ja palauttamaan motorisia toimintoja. [3.]



Kuva 2. Tukiranka "HAL". Puku tarjoaa käyttäjälleen lisävoimaa, ja se onkin tarkoitettu kävelykykynsä menettäneiden potilaiden lisäksi pelastustyöntekijöiden käyttöön. Exoskeleton parantaa pelastustyöntekijöiden tehokkuutta sekä turvallisuutta työtehtävissä. Puvussa olevat anturit kiinnitetään iholle ja ne rekisteröivät toimintansa aivoista lähtevien hermosignaalien aiheuttamien biosignaalien avulla, jolloin tukiranka liikkuu kehon mukaisesti. [3]

3.3 Hoivarobotiikka sairaaloihin

Tulevaisuuden sairaaloissa tullaan näkemään yhä enemmän hoito-robotteja, jotka vähentävät hoitohenkilökunnan määrää. Esimerkiksi Japanissa on jo pitkään ollut käytössä sairaanhoitajarobotti Panasonic, robotti-apulainen Human Support Robot (HSR) Toyota-yhtiöltä, irlantilainen hoivarobotti RP7 (ks. Kuva 3) kehittäjältä InTouch Health, Korean robotti KIRO-M5 (ks. Kuva 3). Robotti on varustettu pyörällisellä alustalla. Ne osaavat mitata pulssia, tarkistaa lämpötilat potilailta sekä seurata ruoan sekä lääkkeiden tarvittavaa saantia ajoissa. Robotit osaavat myös varoittaa ongelmatilanteista ja tarjota tarpeelliset toimet eri tilanteisiin. Robotit pystyvät myös keskustelemaan hoitohenkilökunnan kanssa, sekä keräämään pudonneita tavaroita, siivoamaan ja muuta hyödyllistä. [3.]



Kuva 3. KIRO-M5 [3]



Kuva 3 RP7 [3]

Usein sairaalahoidon ongelmana on, ettei hoitohenkilökunta pysty antamaan tarpeeksi huomiota potilaille varsinkin, jos potilaat ovat kaukana toisistaan. Lääketieteellisten robottien suunnittelijat ovat tarttuneet haasteeseen kehittämällä läsnäolorobotteja (esim. LifeBot 5, tai RP-VITA yritykseltä iRobot ja InTouch Health). Automatisoiduilla järjestelmillä kyetään siirtämään videosignaalia sekä ääntä tehokkaiden nykyaikaisten verkkojen kautta 4G, 3G, LTE, WiMAX, Wi-Fi, satelliitti- tai radioviestinnän avulla. Jotkut laitteista osaavat suorittaa elektrodiagrammin (lyhenne EKG) ja ultraäänikuvauksen, sekä sisältävät elektronisen stetoskoopin ja otoskoopin. Robotit liikkuvat sairaalaan käytävillä ja huoneissa väistelemällä esteitä. Tällaiset lääketieteelliset avustajat tarjoavat hyvissä ajoin hoitoa ja käsittelevät kliiniset tiedot reaaliaikaisesti. [3.]

3.4 Kuriiri-robotit

Haluttaessa toimittaa paketteja, tavaroita, arvokkaita esineitä tai lääkkeitä turvallisesti tulevat apuun kuriirirobotit, jotka toimittavat mitä vain määriteltyyn osoitteeseen tilauksen mukaisesti. [3.]

Avustajat turvautuvat nykyaikaiseen paikannusjärjestelmään ja rungon anturiin, jotka antavat robotille mahdollisuuden liikkua vapaasti monimutkaisessa käytävässä. Sellaisia laitteita ovat esimerkiksi amerikkalaisen robotti RoboCouriers yritykseltä Adept Technology. Aethon, Hospi-R (ks. Kuva 4) Japanista jonka valmistaja on Panasonic ja Terapio yritykseltä Adtex. [3.]

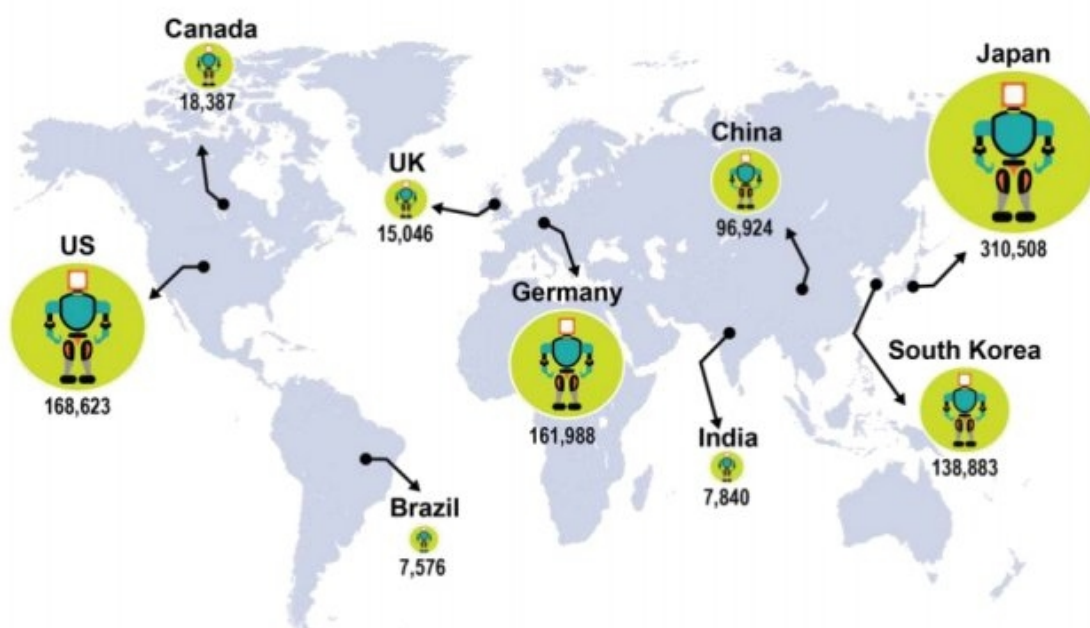


Kuva 4. Panasonic Hospi-R [3]

Alla olevalla kartalla näkyy, missä maissa on eniten toimivia robotteja maailmassa (ks. Kuva 5). Vuodelta 2012 kerättyjen tietojen mukaan Japani on ykkössijalla, 310 508 maassa työskentelevää robottia. Japanissa on jopa hotelli, missä henkilökunta koostuu lähes kokonaan roboteista, Hotelli avattiin vuonna 2015 Nagasakissa. [12.]

Yhdysvallat on toisella sijalla 168 623 robotillaan, ja Saksa kolmannella sijalla 161 988 robotillaan. Luonnollisesti tilanne vaikuttaa maailmantalouteen tulevaisuudessa. International Federation of Roboticsin tietojen mukaan "10 vuoden aikana useita maailmanlaajuisista teollisuusroboteista kasvoi 72 %, kun taas työpaikkojen määrä Yhdysvaltain teollisuudessa laski 16 %". [12.]

Lisäksi "Vuoteen 2020 mennessä noin miljoona työpaikkaa menetetään, ja 2 miljoonaa saadaan 15 johtavissa teollisuusmaissa, mukaan lukien genetiikan, tekoälyn, robotiikan ja muilla teknologista innovaatiota kehittämässä olevilla aloilla". [12.]



Kuva 5. Robottien käyttö. [12]

4 Robotit – konsultit ja avustajat

Viime aikoina on alkanut esiintyä käytössä avustajarobotteja, kauppa-assistentin tehtävissä, hotelleissa, lentokentillä ja muilla palvelualoilla, korvaamalla ihmisen suorittamia erilaisia tehtäviä.

Esimerkiksi japanilaisessa Sasebo-kaupungissa Nagasakin prefektuurissa vuonna 2015 avautui uusi hotelli "Henn-na Hotel", joka käännettynä on "outo hotelli". Tämä hotelli on varustettu kymmenellä roboteilla, kolme ylläpitäjää vastaanotossa (ks. Kuva. 6), neljä portteria (ks. Kuva. 7), kaksi huonesiivoojaa ja yksi säilytyslokerohoitaja (ks. Kuva. 8). [7.]



Kuva 6. Hotellin vastaanotto. [7]

Robotteja oli kehitetty "Koroko"-kampanjassa, joka on tehnyt aivan ihmisen näköisen ylläpitäjän vastaanotolle. Erikoisuus on se, että ne osaavat hengittää, räpäyttää silmiään, luoda katsekontakteja keskustelukumppaniensa kanssa, käyttää useita intonaatiota sekä puhuvat sujuvasti japanin, kiinan, korean ja englannin kieltä. [7.]



Kuva 7. Automatisoidut kärret toimivat portieereina. Ne ottavat vastaan asiakkaiden matkatavaroita ja vievät ne asiakkaan huoneeseen. Nämä robotit ovat myös vastuussa käytävien ja huoneiden puhdistuksesta. [7]



Kuva 8. Jättiläinen manipulaattori, joka yleensä käytetään tuotannossa, toimii suojatun lasin takana säilytystilassa, jossa asiakkaat voivat säilyttää omia tavaroitaan. Robotti ottaa vierailijan matkatavarat vastaan erityisen ikkunaan aukosta ja asettaa ne laatikoon. [7]

Koneet ovat vastuussa myös kahvin tekemisestä, siivouksesta, puhtaiden lakanoiden toimituksesta ja muista asioista. Jos haluaa kutsua robotin omaan huoneeseen, tarvitsee vain painaa huoneessa olevan tabletin nappia, johon on asennettu erityisohjelmisto, joka annetaan jokaiselle hotelliin tulevalle vierailijalle. [7.]



Kuva 9. Jokaisessa huoneessa on robotti nimeltään "Tuly", joka pystyy vastaamaan asiakkaan yksinkertaisin kysymyksiin, kuten "Paljonko kello on" tai "millainen sää tänään on?", tai tarvittaessa ohjata valaisimia päälle tai pois. [7]

Seuraava asia, joka erottaa tämän hotellin muista, on kasvojentunnistus järjestelmä, jota käytetään avaimien ja elektronisen korttiin sijaan turvamekanismina. Näin tuntematon vieras ei pysty tulemaan huoneeseen sisään. Huoneisiin on asennettu kehon lämpötilan tunnistusjärjestelmä, joka seuraa lämpötilaa iholla ja asettaa huoneeseen sopivan lämpötilan. [7.]

Lisäksi hotellissa on henkilökunta, joka valvoo turvallisuutta ja huoltojen tarpeita. Mutta tulevaisuudessa on suunnitteilla, että robotit tulevat suorittamaan 90 % kaikesta työstä. [7.]

5 Kodin palvelurobotit

Nykyään monissa kodeissa on alkanut näkyä avustajina pölynimureita, ruohonleikkureita, leluja ja muita kodin pikku apuvälineitä.

Tulevaisuudessa halutaan robottien hoitavan kaikki kodin työt itse, mutta ei kukaan vielä tiedä, miten lähellä tällainen tilanne on.

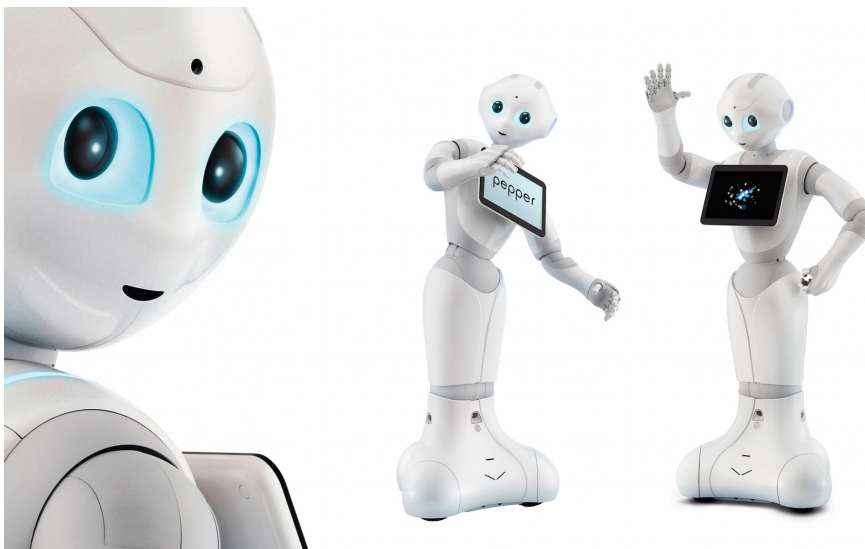
Robotin päätehtävänä on auttaa ihmisiä. Ensisijaisesti apua tarvitaan vanhuksille lapsille tai vammaisille. Yleensä nämä robotit on suunniteltu auttamaan tietyssä paikassa: kotona, sairaalassa tai erityisessä laitoksessa.

Viime 1900-luvun lopussa ensimmäisistä teknologisista kehityksistä kodin hoidossa tullut pölynimuri – sen jälkeen innovaatiot ovat muuttaneet kotielämän. Nykypäivänä robotit osaavat jopa laittaa ruokaa – Moley Robotics on kehittänyt kokki-robotin, joka voitti Aasian Consumer Electronics Showin 2015 (ks. Kuva 10). Robotti pystyy valmistamaan 2 000 eri ruokalajeja. [13.]



Kuva 10. Moley Robotics [13]

Esimerkiksi Aldebaran Roboticsin uusi robotti Pepper (ks. Kuva 11) on hyvä esimerkki humanoidirobotti-avustajasta. Se voi auttaa tekemään kodin sisäisiä päätöksiä, määrittää ilmeensä ja kommunikoi ihmisten kanssa. Pepper muuttaa oma käyttäytymistä riippuen henkilön mielialasta – voidaan sanoa, että robotti huolehtii kodista ihmisten ollessa poissa. Sen hinta nykypäivänä on 11 200 dollaria ja sen voivat ostaa vain tutkimuslaitokset. [13.]



Kuva 11. Robotti Pepper [13]

Robotti-avustaja myös voi näyttää lemmikkieläimeltä. Esimerkiksi Robotti-PARO (ks. Kuva 12), joka ulkonäöltä on turkishylje, jonka tarkoituksena on järjestää seuraa vanhuksille. Itse asiassa se ei auta vanhusta fyysisesti, vaan antaa enemmän henkistä tukea. [13.]



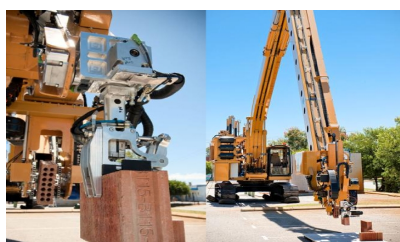
Kuva 12. Robotti-PARO [13]

Tekoälyn ja teknologian kehityksen ansiosta nykyään on tullut mahdollisuus kehittää älykkäämpiä järjestelmiä, jotka voivat käyttäytyä kuin ihminen. Viime vuonna oli esitetty muutama malli, Nadine - robotti vastaanotossa, Yangyang - laulava robotti ja Aiko Chihira, joka osaa kommunikoida viittomakielellä. [13.]

Tyypillisesti tässä tapauksessa käytetään suosittua Turingin testiä, jonka avulla voidaan määritellä, kuinka samankaltainen koneen älykkyys on verrattuna ihmiseen. Mutta robottien pitäisi esittää omaa älykkyyttään myös omassa toiminnassaan. Tällä hetkellä ei ole olemassa testiä, joka näyttäisi, kuinka ihmiseltä näyttää "humanoidirobotti". Tulevaisuudessa vastaava humanoidi voidaan kuitenkin keksiä. Tutkijat ovat yhtä mieltä siitä, että robotin on hyvä ilmaista sosiaalisia taitojaan sekä olla persoonallinen, voidakseen ymmärtää ja tunnistaa puhetta sekä kasvonpiirteitä. [13.]

6 Rakentava robotti

Australialainen keksijä Mark Pivac yrityksestä Fastbrick Robotics keksi muurari-robotti Hadrianin (ks. Kuva. 13). Omien sanojensa mukaan koneella voi työskennellä 24 tuntia vuorokaudessa ja rakentaa talon kahdessa päivässä. Robotti hämmästyttää sillä, että se voi toimia itsenäisesti ja asettaa jopa 1000 tiiltä tunnissa. Robotti rakentaa 150 taloa vuodessa. [15.]



Kuva 13. Hadrian [15]

Robotin kehityksessä on käytetty automaatio suunnittelu ja -mallinnus (CAD/CAM) -järjestelmää. Hadrianin järjestelmä toimii seuraavalla tavalla. Robotti käyttää tietokoneen 3D-mallinnusohjelmaa, analysoidakseen pystytettävän rakennuksen rakenteet, se laskee näistä tiedoista kaikkiin rakenteisiin tarvittavien materiaalien määrät sekä materiaalin laadun ja sijoittelun. Hadrian leikkaa tarvittaessa myös tiilet. [15.]

7 Kymmenen ennustetta robotiikan kehityksessä vuoteen 2020

Tutkimusyhtiö IDC (International Data Corporation) on julkaissut kymmenen ennustetta globaalin robotiikan kehityksestä [11].

1. Robotti palvelussa

Vuonna 2019 30 % kaupallisista palveluista saavat robotiikan liiketoimintamallin. Robotiikka toimii palveluytimenä, mikä vähentää palkkakustannuksia [11].

2. Robottijohtaja

Vuonna 2019 käyttää 30 % robottia johtavassa asemassa [11].

3. Kilpailun kehittymistä

Vuonna 2020 IT-markkinoille odotetaan suurta virtaa uusia toimijoita. Nykyhetkellä vastaava alan rahavirran kokonaismäärä on 80 miljardia dollaria. Monimuotoisuus osallistujien välillä näillä markkinoilla johtaa kovaan kilpailuun [11].

4. Työpaikat

Vuonna 2020 robotit vievät 35 % työpaikoista, jotka soveltuvat automaatioon. Mutta niiden tilalle tulee lahjakkaita asiantuntijoita. Heidän keskimääräinen palkkansa kasvaa noin 60 % vastaavasta nykytilanteesta [11].

5. Lait

Vuoteen 2019 mennessä hallitus ottaa käyttöön erityiset säännöt robotiikalle, säilyttääkseen työpaikkoja ja ratkaistakseen turvallisuusongelmat, tietoturvaan liittyvät kysymykset ja yksityisyyden suojaa koskevat huolenaiheet [11].

6. Ohjelmoitava robotti

Vuoteen 2020 mennessä 60 % roboteista on riippuvaisia pilvipalveluista ohjelmistojen tunnistamisessa, tunnistaakseen uusia taitoja, kognitiivisia taitoja ja sovelluksia [11].

7. Cobots – (cooperative robot tai collaborative robot)

Vuoteen 2018 kaikista roboteista 30 % on maksimaalisen nopeita ja itseoppivia, sekä tiiviissä yhteistyössä ihmisen kanssa [11].

8. RoboNET

Vuoteen 2020 mennessä 40 % käytettävistä roboteista on yhdistetty tietoverkkoon, mikä lisää niiden tehokkuutta arvioiden mukaan 200 % [11].

9. Kasvu tehtaiden ulkopuolella

Vuoteen 2019 mennessä 35 % yrityksistä logistiikan alalla, terveydenhuollossa, sekä apuohjelmien tuotannossa, ottaa käyttöön robotteja automatisoimaan työprosesseja. [11].

10. Robotiikka verkkokaupan

Vuoteen 2018 mennessä 45 % kahdestasadasta johtavasta yrityksistä sähköisen kaupankäynnin alalla siirtyy robotisoituun järjestelmään suorittaakseen rahoitustaloustoimensa [11].

8 10 erilaista humanoidirobottia

1. Atlasrobotti [16] on 1,88 metrin pituinen ja 156 kiloa painava järkäle. Se on varustettu uusimmalla akkuteknologialla (jotka kannetaan selässä). Tällainen järjestely tarjoaa paremman työkyvyn pidemmäksi ajaksi ja säilyttää energiaa aluksen käyttöön. ATLAS "unplugged" sisältää kolme aluksen tietokonetta, joita käytetään havainnointiin ja tehtäväajoituksen järjestämiseen. Langaton reititin ATLASSEN päällä avaa käyttöön langattoman viestinnän. Yhtä tulevista ATLAS-versioista voidaan käyttää sotilaiden apulaisena taistelukentällä, tai pelastajana vaaratilanteissa. ATLAS-robotilla on käytössään käsiensä ranteisiin liitettävät varret, jotka mahdollistavat henkilökohtaisten työkalujen käyttämisen tulosten saavuttamiseksi. Se osaa nostaa palkkeja, liikkua epätasaisessa maastossa ja toimia avustavana osapuolena hätätilanteissa. [10.]
2. Actroid-SIT [17] on androidi. Se osaa puhua, elehtiä, ylläpitää ja lukita katsekontakteja, kuin se olisi kaikkein luonnollisin asia koko robotissa. Actroid osaa suorittaa 18 elettä, jotka sisältävät heiluttamista ja osoittamisia oikeaan suuntaan. Esimerkiksi kun ihminen kysyy robotilta suuntaa, se osaa jopa liikuttaa omaa katsettaan puhujan suuntaan, mikä tekee robotista inhimillisen. Actroid-SIT näyttää oikealta aasialaiselta naiselta, kasvoihin katsottaessa. Kehon muoto, hiukset ja vaatteet muistuttavat ihmistä. Yhtiö, joka suunnitteli robotin, on Kokoro Japanista. Yhtiön mukaan uudella *"interruptability"*-toiminnolla robotti pystyy samaan aikaan käsittelemään monia kysymyksiä. Kun Nara Institute of Science and Technologyn tutkijat olivat kehittämässä uutta käyttäytymiseen, he ovat tutkineet, miten ihmiset ja ryhmiä ovat vuorovaikutuksessa robotin kanssa. [10.]
3. Pepper - Pepper Emotional Humanoid Robot [18] on varustettu noin 25 antureilla sekä 3D-kameroilla, jotka auttavat robottia "lukemaan" ympäristöä: Tämän lisäksi se osaa rekrytoida yritykseen toimihenkilöitä, joiden kanssa se on vuorovaikutuksessa, sekä oppii ihmisiltä kokemustensa mukaan. Pepper on viisaampi päivä päivältä – akku kestää työpäivässä 14 tuntia. Pepper tunnistaa myös ihmisen ajatuksien muutokset sekä erottaa tunteet, äänensävyjen muuttumiset, sekä se osaa aistia hienovaraiset vaihtelut äänessä. Kiitos erittäin kehitetylle pilvipohjaiselle saneluohjelmistolle. Pepperillä on 20 toimilaitteita ja

kolme suuntaamatonta pyörää, jotka auttavat sitä tekemään joitakin ihmisten liikkeitä ja eleitä. Pepper on liitetty Japanin Wasedan lukioon oppimaan englannin kieltä. [10.]

4. Valkyrie [19] - NASA:ssa on kehitetty Texas A&M:n tutkijoilla Johnsonin avaruuskeskuksessa ja Teksasin yliopiston kanssa Austinissa. Valkyrien korkeus on 189 cm ja paino 125 kg, sillä on 44 vapausastetta (pyörimisakseleita), akut säilyvät selän takana repussa ja ne antavat yhden tunnin toimiajan. Lisäksi robotissa on sonar, LiDAR ja sisäänrakennetut kamerat ympäri vartaloa, että operaattorit voisivat nähdä kaiken, mitä robotti tekee eri kulmista. [10.]

5. ASIMO - (Advanced Step in Innovative Mobility) [20] Japanissa 2000-luvun alusta, Hondalle kehiteltävä robotti, jonka viimeinen versio ilmestyi vuonna 2014. Viimeisessä versiossa on käytössä jopa 57 vapausastetta (pää: 3, käsivarsi: 7 x 2, käsi: 13 x 2, vartalo: 2, jalka: 6 x 2). Se painaa noin 50 kg, ja korkeutta sillä on 130 cm sekä leveyttä 45 cm. Se osaa kävellä ja juosta 9 km/h nopeudella, sen 6 kg:n akku kestää noin tunnin ja latautuu kokonaan 3 tunnissa. ASIMO pystyy myös hyppimään yhdellä jalalla. Itse robotti oli nimetty Isaac Asimov -nimellä, koska hän keksi ja kuvasi kolme kuuluisaa robotiikan lakia. Yhden ASIMO-robotin rakentaminen maksaa noin miljoona dollaria, eikä niitä ole myynnissä kuluttajamarkkinoille. Robotin voi tosin vuokrata 166 000 dollarilla vuodessa. ASIMO osaa myös havaita liikkuvia ihmisiä, heidän eleitään, sekä ilmeitään ja havainnoida ympäristön ääniä, ihmisten ääniä, kätellä ja paljon muuta. [10.]

6. ROMEO [21] on 140 cm pitkä ja 40 kg painava humanoidirobotti. Ranskalaisen Aldebaran Robotics -yhtiön keksintö on alun perin kehitetty auttamaan vanhuksia ja vammaisia. Fyysisen kokonsa takia ROMEO pystyy avaamaan ovet, kiipeämään portaita ylös ja ottamaan ja siirtämään esineitä pöydiltä. Kehittäjät toivovat, että tulevaisuudessa robotti pystyisi kuljettamaan esineitä kuten ihmisiäkin. Nykyisin projektin kuuluu viisi toimielintä, 13 robotiikan laboratoriota ja 80 insinööriä sekä tutkijoita. Huonona puolena mainittakoon robotin hinta 330 000 dollaria, jolloin vanhukselle on halvempi palkata hoitaja. [10.]

7. NAO [22] on Ranskan Aldebaran Robotics -yhtiön vuonna 2005 kehittämä humanoidirobotti, joka on kehitysprojektin tuloksena julkaistu. Robotti on 58 cm pitkä ja painaa 4,3 kg, käyttää 48,6 Wh:n litiumakkua, joka kestää 90 minuuttia aktiivista käyttöä. Lisäksi siitä löytyy monia sensoreita, kaksi HD kameraa, neljä mikrofonia, sonar-etäisyysmittari sekä kaksi infrapunaemitteriä ja vastaanottimet, inertialaitteen, yhdeksän tuntoon perustuvaa anturia, kahdeksan paineanturia ja vapausasteita on 25. Tällä hetkellä Nao-robottia käytetään kouluttamista varten. Sen tarkoituksena on auttaa autistisia lapsia oppimaan sosiaalisia taitoja. Käyttöjärjestelmä NAOqi on suunniteltu helppokäyttöiseksi vuorovaikutuksessa luonnollisen ympäristön kanssa, mukaan lukien vuoropuheluissa ja emotionaalisissa yhteyksissä. [10.]
8. REEM-C [23] on prototyyppi humanoidirobotti. Sen on kehittänyt espanjalainen PAL Robotics. Robotti on kaksimetrinen ja 80-kiloinen, sekä muistuttaa ihmistä. Kuitenkin sillä on mielenkiintoisia sovellusmahdollisuuksia. REEM-C:n päässä on kahdella vapausasteella varustettu stereokamera, suu on valmistettu LED-lampuista, jossa on kaiuttimet puheen tuottamista varten. Robotin kädessä on seitsemän vapausastetta, ja ne antavat robotille mahdollisuuden pitää päänsä päällä noin 8 kilon edestä painoa. Robotin kädet toimivat ihmisen lailla kolmella vapausasteella varustettuna paineantureilla tuntopalautetta varten. REEM pystyy jalkojensa kuuden vapausasteen kanssa liikkumaan 1,5 km/h nopeudella. Yhteensä robotissa on 22 vapausastetta. Aivojen sijalla REEM-C:ssä on muutama tietokone, jotka perustuvat i7-siruun ja toimivat Ubuntu-käyttöjärjestelmällä. Robotin anturit auttavat sitä navigoimaan ympäristössään, välttelemään esteitä ja ihmisiä. Sen suunnittelijat näkevät robotissa viitteitä kotirobotiksi, opastajaksi, viihdyttäjäksi tai vartijaksi. [10.]
9. OceanOne [24] on kelluva androidi ja yksi innovatiivisimmista roboteista, joka on nähty aikoihin. Se osaa uida syvyydessä, johon perinteiset ihmissukeltajat eivät voi sukeltaa. Se on kehitetty tekoälylaboratoriossa Stanfordin yliopistossa. OceanOne varustettu herkillä käsillä, jotka lähettävät jatkuvaa tuntopalautetta, antamalla navigaattorin tuntea robotin kosketukset. Robotti luotiin koralliriuttojen tutkimiseen Punaisellamerellä, jossa tavalliset autonomiset vedenalaiset alukset voivat vahingoittaa herkkiä merenpohjan rakenteita. Robotti näyttää ihmiseltä ja sitä ohjataan ihmisen liikkeillä, se osaa analysoida koralliriuttoja huolellisesti ja

herkästi. OceanOne ei tutki pelkästään korallia, esimerkiksi ensimmäisessä tehtävässään robotti sukelsi etsimään aarretta Ranskaan rannikolle ja työskenteli 100 metrin syvyydessä. Robotti jopa onnistui saamaan maljakon kannelle. OceanOnelta puuttuu ruumiin alaosa, mutta samankaltaiset robotit auttavat integroimaan ihmisen piirteet toisiin robotteihin. Jos tulevaisuuden versiot varustetaan tekoälyllä ja tarvittavilla fyysisellä taidolla, ne pystyvät sitten toimimaan ilman ihmisen puuttumista toimintaan. [10.]

10. RQ-Titan [25] RoboBuilder RQ-Titan pystyy kävelemään, istumaan, makaa, kiipeillä ja pelaamaan jopa jalkapalloa. Titan on varustettu RQ-servomootoreilla, ja sisältää USB-kamerat, joita tarvitaan keinotekoisia näköä varten. Tämän lisäksi kannessa löytyy gyroskooppi, mikrofoni, kaiutin, puheentunnistusohjelma ja Wi-Fi, ja kaikki on ahdettu 10-kiloisen vartalon sisään. Yhtiöstä sanotaan, että robotti on vielä kehityksen alla. Sen takia robotista ei ole niin paljon tietoa tällä hetkellä. [10]

TITANin aivot on varustettu 1,6 GHz:n Intel Atom -sirulla - käsittelyä varten, jota tuetaan 2 GB:n DDR RAM-muistilla ja noin 60-gigatavuisella SSD-levyllä. Sen 18,5 V litiumin paristot antavat botille vain 30 min aktiivista työaika, ja sen hinta tällä hetkellä vain 30 000 dollaria. [10.]

9 Palvelurobotiikka Suomessa

Unimation 1970-luvun alussa toi Suomeen ensimmäisen hydraulisen, teollisesti käyttökelpoisen tietokoneohjatun robotin. Strömberg (nykyään ABB) hankki tällaisen Helsingin Pitäjänmäen tehtaalle 1974, sen jälkeen Asea Ab (nykyään ABB) kehitti 1970-luvun lopulla ensimmäisen sähköservoilla toteutetun robotin IRB6. Myös Nokia Oyj valmisti robotteja 1980-luvulla Unimationin lisenssillä ja kehitti myös muutaman oman robotin, kuten Nokia Ns-16. [5].

Suomessa Seinäjoen keskussairaalassa otettiin elokuussa 2016 käyttöön kaksi ensimmäistä yhdysvaltalaista Aethon-yrityksen TUG-kuljetusrobottia. Sairaala hankkii seuraavan kahden vuoden aikana yhteensä kahdeksan kuljetusrobottia. Investointi robottien ohjausjärjestelmään ja kahdeksaan robottiin voi maksaa yhteensä noin 1,4 miljoonaa euroa. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri arvioi investoinnin maksavan itsensä takaisin noin seitsemässä vuodessa. TUG voi toimia tehokkaasti 20 tuntia päivässä. Tällä tehokkuustasolla toimiessaan yksittäinen kuljetusrobotti säästäisi sairaalalle noin 40 000–50 000 euroa vuodessa. Isossa sairaalassa parinkymmenen robotin järjestelmällä päästäisiin siis miljoonaluokan säästöihin. Ruuan, liinavaatteiden, näytteiden ja lääkkeiden kuljettamiseen soveltuva TUG-robotti osaa väistää ihmisiä ja esteitä sairaalan käytävillä, sekä avata ovia ja käyttää hissiä. Henkilökunta voi tilata ja seurata vaunuja älypuhelimillaan tai erillisistä kiinteistön päätteistä. TUG-robottien toimintaa valvotaan laitetoimittajan ohjauskeskuksesta, josta kyetään puuttumaan myös mahdollisiin häiriötilanteisiin. [8, s. 41.]

Suomalainen ZenRobotics Oy on 2007 perustettu kierrätysalan huipputeknologiayritys ja maailman johtava kierrätysrobotiikkayritys. Yrityksen päätuote on Suomessa kehitettyihin tekoälyalgoritmeihin pohjautuva ZenRobotics Recycler -jätteenlajittelujärjestelmä, joka poimii jätevirrasta halutut esineet ja raaka-aineet robottien avulla. [14].

Toisen sukupolven robottien eli niin sanotun palvelu- ja kenttärobottien kehitys muodostaa tällä hetkellä teknologian globaalin megatrendin. Niiden sovellutukset ovat pääsääntöisesti muualla kuin teollisuuden tuotantolinjoilla. Ammattimaisen palvelurobotiikan lisääntyminen on jo lähtenyt hyvää vauhtia käyntiin, mutta henkilökohtaisten palvelurobottien osalta yleistyminen on ollut hitaampaa.

Ammattimaisia palvelurobotteja on käytössä paljon esimerkiksi lypsytehtävissä, puolustussovelluksissa ja terveydenhuollon sektorilla. Henkilökohtaiset palvelurobotit ovat toistaiseksi puolestaan lähinnä yleistyneet kodinhoidollisissa tehtävissä, kuten robotti-imureina. Myös henkilökohtaiset liikkumisen avustajat ovat alkaneet hitaasti yleistymään. [8, s. 5.]

Toisen sukupolven robotit tarjoavat nyt suomalaiselle teollisuudelle mahdollisuuden uusien tuotteiden kehittämiseen ja vanhojen tuotteiden uudistamiseen kilpailukykyisiksi. Tähän saumaan onkin jo tartuttu liikkuvia työkoneita valmistavassa teollisuudessa, jonka useissa tuotteissa automaatioaste on nostettu roboteihin verrattavalle tasolle. Suomella on myös erinomainen mahdollisuus pyrkiä maailman kärkimaaksi palvelurobotiikan kehittämisessä ja hyödyntämisessä. Suomessa erityisesti väestön ikääntyminen aiheuttaa paineita etsiä vaihtoehtoisia palvelumalleja uudistuvassa sosiaali- ja terveydenhuollossa. Erityisesti hoitotyötä avustavalle palvelurobotiikalle, kuten erilaisille nosto- tai kuljetusroboteille, olisi tarvetta. Kokonaan uusia tuotemahdollisuuksia avautuu myös esimerkiksi turvallisuudessa, kotitalouksissa ja koulutussektorilla. [8, s. 5.]

Visio vuoteen 2020 mennessä on älykkään robotiikan ja automaation käytön osalta on huomattavasti lisääntyvä kaikilla toimialoilla, etenkin teollisuudessa, tieto- ja palvelutyössä sekä pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Älykästä robotiikkaa ja automaatiota sekä niiden tutkimusta kehitetään moniammatillisesti ja tietoturvallisesti. Suomessa otetaan käyttöön uutta älykästä robotiikkaa ja automaatiota sekä tekoälyä hyödyntäviä liiketoimintamalleja. Suomessa syntyy myös robotiikkaan ja automaatioon liittyviä uusia tuotteita, palveluita ja innovaatioita. Älykkään robotiikan ja automaation merkitys osana digitalisaatiota ymmärretään ja hyväksytään laajasti yhteiskunnassa. [9, s. 1.]

Visio vuoteen 2025 on älykästä robotiikkaa ja automaatiota valmistava, kehittävä ja laajasti hyödyntävä Suomi, jossa monia suuria yhteiskunnallisia haasteita, kuten terveydenhuollon palveluiden tarjoaminen, julkishallinnon tietotyön tehostaminen ja liikenteen järjestäminen, on ratkaistu nykyistä laadukkaammin ja kustannustehokkaammin. Suomalaisia tekoälyyn, älykkääseen robotiikkaan ja automaatioon liittyviä tuotteita, järjestelmiä ja palveluja hyödynnetään

maailmanlaajuisesti, ja suomalaiselle osaamiselle on paljon kysyntää. Suomi on tehnyt merkittävän kilpailukykyloikan älykkään robotiikan ja automaation avulla. [9, s. 1.]

Lähteet

- 1 Robotit. viimeksi muutettu 19.5.2017. Wikipedia. Verkkodokumentti. Venäjän kielellä
<<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82>>
Luettu 9.12.2016
- 2 Palvelurobotiikasta. 2014. Verkkodokumentti. Venäjän kielellä
<<http://www.robogeek.ru/servisnye-roboty>> Luettu 16.12.2016
- 3 Palvelurobotiikka lääketieteellisellä alalla. 2012. Verkkodokumentti.
<<https://robotics.ua/news/health>> Luettu 22.12.2016
- 4 Robotit luovat satojatuhansia työpaikkoja ihmisille. Lähde: Talouselämä. 2013. Verkkodokumentti. <<http://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2013-11-26/Robotit-luovat-satojatuhansia-ty%C3%B6paikkoja---ihmisille-3316484.html>> Luettu 3.2.2017
- 5 Robotti. Viimeksi muutettu 30.10.2016. Wikipedia. Verkkodokumentti.
<<https://fi.wikipedia.org/wiki/Robotti>> Luettu 9.12.2016
- 6 Robotiikka – monien mahdollisuuksien tekniikkaa. 2014. Erikoistutkija Timo - Salmi. Verkkodokumentti. <<http://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Robotiikka-%E2%80%93-monien-mahdollisuuksien-tekniikkaa.aspx>> Luettu 3.2.2017
- 7 Robotisoitu Japanin hotelli. Raportti 2015. Venäjän kielellä
<<http://style.rbc.ru/objects/gadgets/571638b19a79472acdb34c8f>> Luettu 9.12.2016
- 8 Cristina - Andersson, Ilkka - Haavisto, Mari - Kangasniemi, Antti - Kauhanen, Taneli - Tikka, Lauri - Tähtinen, Antti - Törmänen. Robotit Töihin. Raportti 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.eva.fi/wp-content/uploads/2016/09/Robotit-%C3%B6ihin.pdf>> Luettu 1.4.2017
- 9 Valtioneuvoston periaatepäätös älykkäästä robotiikasta ja automaatiosta. 2016. Verkkodokumentti.
<<http://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f804c7484>> Luettu 2.4.2017
- 10 Rise of the Machines – Top 10 Smart Humanoid Robots to Prove It. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.appcessories.co.uk/humanoid-robots/>> Luettu 1.4.2017

- 11 Kymmenen ennustetta robotiikan kehityksessä vuoden 2020. 2016. Verkkodokumentti. Venäjän kielellä <<http://kanobu.ru/news/10-prognozov-razvitiya-robototekhniki-do-2020-goda-387872/>> Luettu 30.3.2017
- 12 Robottien menestys markkinoilla. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.businessinsider.com/countries-with-greatest-number-of-robots-2016-3?r=UK&IR=T&IR=T>> Luettu 14.4.2017
- 13 Kodin palvelurobotit. 2016. Verkkodokumentti. Venäjän kielellä <<http://www.robogeek.ru/bytovye-roboty/domashnie-roboty-pomoschniki-naskolko-oni-budut-pohozhi-na-lyudei>> Luettu 6.12.2016
- 14 Suomalainen ZenRobotics Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.remeo.fi/fi/remeo-yrityksena/yhteistyokumppanit>> Luettu 20.4.2017
- 15 Rakentava robotti Hadrian. 2015. Verkkodokumentti <<https://geektimes.ru/post/252632/>> Luettu 10.4.2017
- 16 Atlas, The Next Generation. 2016. YouTube-video <<https://youtu.be/rVlhMGQgDkY>> Katsottu 1.4.2017
- 17 Japanese Robot Actroid-SIT Gets More Social. 2013. YouTube-video <<https://youtu.be/ji0waADjOl4>> Katsottu 1.4.2017
- 18 Pepper, the new robot by Aldebaran #PepperRobot. 2014. YouTube-video <<https://youtu.be/osD6O4LAcpo>> Katsottu 1.4.2017
- 19 Valkyrie: NASA's Superhero Robot. 2013. YouTube-video <<https://youtu.be/IE-YBaYjbqY>> Katsottu 1.4.2017
- 20 ASIMO Visits The Big Apple. 2014. YouTube-video <<https://youtu.be/FShZddlsjKA>> Katsottu 1.4.2017
- 21 ROMEO PROJECT PRESENTATION (Romeo robot). 2014. YouTube-video <<https://youtu.be/9SpekYGi-9w>> Katsottu 1.4.2017
- 22 ASK NAO : Be part of the journey. 2013. YouTube-video <<https://youtu.be/AxErdP0YI8>> Katsottu 1.4.2017
- 23 Introducing REEM-C. 2013. YouTube-video <<https://youtu.be/4HZIDpNSKyc>> Katsottu 1.4.2017
- 24 Stanford's humanoid robot explores an abandoned shipwreck. 2016. YouTube-video <<https://youtu.be/p1HmgP9l4VY>> Katsottu 1.4.2017

- 25 RQ-TITAN van Robobuilder Robot-Shop.nl. 2013. YouTube-video
<<https://youtu.be/2u4YrbFNPew>> Katsottu 1.4.2017

